

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11174232 A

(43) Date of publication of application: 02.07.99

(51) Int. Cl

**G02B 5/32****G02B 5/02****G02B 5/20****G02F 1/1335****G03B 21/62**

(21) Application number: 09343443

(71) Applicant: SHARP CORP

(22) Date of filing: 12.12.97

(72) Inventor: TOKUMARU TERUTAKA

(54) DIFFUSING AND REFLECTING BOARD, SCREEN  
FOR PROJECTOR USING THE SAME AND LIQUID  
CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

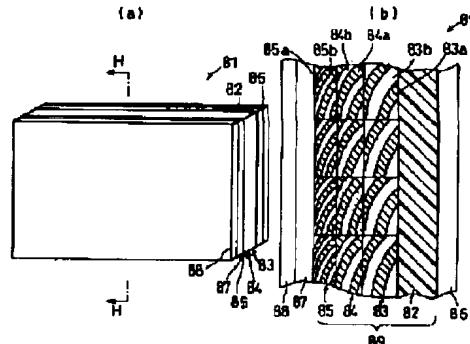
its paraboloid or central axis, and such a fine put is arranged inside the plane.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a diffusing and reflecting board and a screen for projector using the same with which diffused and reflected light can be limited into desired angle range, uniform luminance can be provided within a visual area, the center of the visual area can be located in the normal direction of the diffusing and reflecting board even when illuminating light is not photographed and the direction of projecting light is located at an angle different from the normal direction of the diffusing and reflecting board, and the wavelength characteristics of the diffused and reflected light can be controlled.

SOLUTION: Three hologram recording films 83, 84 and 85 are successively stuck on a base film 82 and a light absorbing layer 86, protecting layer 87 and reflection reducing layer 88 are applied on these films. Cubic holograms for diffusing and reflecting red, green and blue are respectively formed on the hologram recording films 83, 84 and 85. The cubic hologram is a paraboloid inclining the shape of the interface of each layer from the vertical direction of a screen 81 for projector on



(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-174232

(43)公開日 平成11年(1999)7月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 G 0 2 B 5/32  
 5/02  
 5/20  
 G 0 2 F 1/1335  
 G 0 3 B 21/62

識別記号  
 1 0 1

F I  
 G 0 2 B 5/32  
 5/02  
 5/20  
 G 0 2 F 1/1335  
 G 0 3 B 21/62

A  
 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 25 頁)

(21)出願番号 特願平9-343443

(22)出願日 平成9年(1997)12月12日

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 徳丸 照高

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

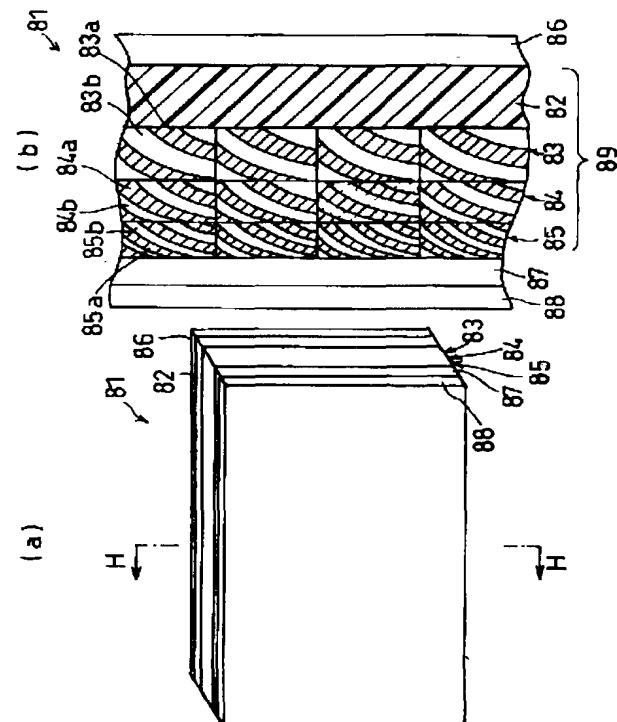
(74)代理人 弁理士 原 謙三

## (54)【発明の名称】拡散反射板、および、それを用いたプロジェクタ用スクリーンならびに液晶表示素子

## (57)【要約】

【課題】拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、投射光の方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができ、かつ、拡散反射光の波長特性を制御することが可能な拡散反射板、および、それを用いたプロジェクタ用スクリーンを提供する。

【解決手段】ベースフィルム82の上に3枚のホログラム記録フィルム83、84、85が順に貼着され、その上に光吸収層86、保護層87、反射低減層88とが塗布されている。ホログラム記録フィルム83、84、85には、赤色・緑色・青色を拡散反射する体積ホログラムがそれぞれ形成されている。体積ホログラムは、各層の界面の形状が、放物面、あるいは中心軸がプロジェクタ用スクリーン81の垂直方向から傾いている放物面であり、この微小部分が面内に配列している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成されているとともに、

該体積ホログラムの前面の光路上にレンズシート、あるいはレンチキュラーシートが配設されていることを特徴とする拡散反射板。

【請求項2】反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板の垂直方向から傾いている放物面であり、該微小部分が面内に配設されていることを特徴とする拡散反射板。

【請求項3】反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、該微小部分が面内に配設されているとともに、該体積ホログラムの前面の光路上に拡散透過板が配設されていることを特徴とする拡散反射板。

【請求項4】上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数種の微小部分を有し、かつ、各種1個ずつの微小部分からなる組ごとに、該微小部分が面内に配設されていることを特徴とする請求項1から3の何れかに記載の拡散反射板。

【請求項5】上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが積層されていることを特徴とする請求項1から4の何れかに記載の拡散反射板。

【請求項6】上記体積ホログラムは、その層間隔が拡散反射板の厚さ方向で単調に変化していることを特徴とする請求項1から5の何れかに記載の拡散反射板。

【請求項7】請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、スクリーンとして設けられていることを特徴とするプロジェクタ用スクリーン。

【請求項8】請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、反射型のカラーフィルタとして光路上に設けられていることを特徴とする液晶表示素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、拡散反射板を用いたプロジェクタ用スクリーンあるいは反射型液晶表示素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】プロジェクタ用スクリーンあるいは反射型液晶表示素子に用いる拡散板においては、所望の角度範囲内だけに光を拡散し、かつ、その角度範囲内で均一

な輝度となることが望ましい。

【0003】また、プロジェクタ用スクリーンあるいは反射型液晶表示素子に用いる拡散板においては、拡散方向の中心が照明光の正反射方向と異なることが望ましい。なぜならば、拡散板の拡散方向の中心が照明光の正反射方向と一致すると、投影光源の位置を自由に設定できないからである。特に、反射型液晶表示素子の場合は、前面透明基板の表面反射により照明光源が写り込んでしまい眩しい。あるいは、法線方向から見たときに良好な視認性が得られるように設定したいが、その方向では法線方向からの照明光を人の頭が遮ることになるので、表示が暗くて視認性が悪い。

【0004】さらに、プロジェクタ用スクリーンに用いる拡散板においては、投影光以外の室内照明光等がスクリーンで拡散されるとコントラストが低下する。そこで、スクリーンの明るさを損なうことなしに、照明時コントラストを高くするために、レーザプロジェクタ等の波長幅の狭い投影光を用いて、投影光の波長帯だけを拡散反射させるようになることが望ましい。

【0005】また、反射型カラー液晶表示素子に用いる拡散板においては、RGBに対応した波長帯を拡散反射させれば、カラーフィルタを別に付加する必要がなくなるので好都合である。したがって、反射輝度を高く、かつ、色純度を高くするためには反射波長帯を100nm程度に設定し、反射輝度の波長特性を急峻にさせるようになることが望ましい。

【0006】ここで、ビーズ等の分散や、金属を粗面化した拡散板を用いた場合、ビーズの屈折率、粒径、分散濃度あるいは粗面の粒度等の条件により、拡散の度合を変えることができる。これにより、プロジェクタ用スクリーンあるいは反射型液晶表示素子に用いる拡散板には、ビーズ等の分散や、金属を粗面化した拡散板が用いられている。

【0007】しかしながら、この拡散角を小さく設定すると、スクリーンゲインは大きくなるものの、拡散方向に対する輝度の変化が大きいため、視域が狭く視認性が悪くなる。また、この拡散角を大きく設定することにより、所望の角度範囲内で均一な輝度を得ようとしも、拡散光強度の角度に対する特性が緩慢になるため、所望の角度範囲外の不要な拡散光が増加し、スクリーンゲインが低下する。すなわち、ビーズ等の分散や、金属を粗面化した拡散板では、十分に大きなスクリーンゲインと、所望の角度範囲内での均一な輝度とを得ることは困難である。

【0008】これに対して、金属を粗面化した拡散板の角度特性については、通常の傾斜角が正規分布型の粗面では反射光の輝度が正規分布型になり均一性に限界があることが知られている。このことを利用して、意図的に傾斜角を正規分布型からずすことにより、反射光の輝度特性を平坦化して均一性を向上させることが行われて

いる (N. Sugiura 他, Digest of Technical Papers, AM-LCD94, p92 、および、N. Sugiura 他, Digest of Technical Papers, AM-LCD95, p153) 。

【0009】また、反射型映写スクリーンにおいて、レンチキュラーシート、微細凸面鏡、微細凹面鏡あるいは球状突起物等を用いて、拡散光輝度の均一性およびスクリーンゲインの改善、あるいはフレネルレンズによる拡散角のオフアクシス化が行われている (特開平6-258717号公報および特開平8-29875号公報等) 。

【0010】さらに、反射型ホログラムについて、拡散光輝度の均一性の改善と同時に、拡散角のオフアクシス化が行われている (特開平8-123300号公報等) 。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の N. Sugiura 他, Digest of Technical Papers, AM-LCD94, p92 、および、N. Sugiura 他, Digest of Technical Papers, AM-LCD95, p153 に記載された方法や、上記の特開平6-258717号公報および特開平8-29875号公報等に記載された方法による拡散板においては、拡散光輝度の均一化とオフアクシス化については制御可能であるが、拡散反射光の波長特性に関しては制御することができない。

【0012】また、上記の特開平8-123300号公報等に記載された方法により、平面波のレーザ光を参照光とし、拡散板を通過させたレーザ光を物体光として干渉させて作製されたホログラムにおいては、反射光の波長特性が緩慢になり、反射波長特性を急峻にすることはできない。

【0013】加えて、ホログラム記録フィルムに、平面波のレーザ光を参照光とし、レンズアレイを通過させたレーザ光を物体光として干渉させて作製したホログラムにおいては、T. J. Trout 他, Proc. SPIE , Vol. 2577, p94-105(1995) に記載されているように、通常のホログラム記録フィルムでは反射帯域幅が約 20 nm と小さくなる。したがって、レーザ光等の波長幅の狭い照明光に対してしか用いることができず、カラー液晶表示素子に用いるカラーフィルタ等のように約 100 nm の波長幅での反射が要求される用途に対しては、反射光輝度が極端に低くなってしまう。

【0014】本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、拡散光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散板の法線方向に位置させることができ、かつ、拡散反射光の波長特性を制御することが可能な拡散反射板、および、それを用いたプロジェクタ用スクリーンならびに反射型液晶

表示素子を提供することにある。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】請求項 1 の拡散反射板は、上記の課題を解決するために、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成されているとともに、該体積ホログラムの前面の光路上にレンズシート、あるいはレンチキュラーシートが配設されていることを特徴としている。

10 【0016】上記の構成により、入射光を体積ホログラムによって反射し、この反射光を体積ホログラムの前面の光路上に配設されているレンズシート、あるいはレンチキュラーシートによって拡散することができる。

【0017】したがって、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができる。

20 【0018】また、体積ホログラムの反射帯域幅を、各層の屈折率により制御することができる。加えて、反射帯域幅が極めて狭いことは、レーザ光に対する用途には非常に好都合である。

【0019】請求項 2 の拡散反射板は、上記の課題を解決するために、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板の垂直方向から傾いている放物面であり、該微小部分が面内に配設されていることを特徴としている。

30 【0020】上記の構成により、体積ホログラムにおける各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板の垂直方向である放物面であれば、この体積ホログラムへの入射光の反射方向は放物面鏡と同様になる。すなわち、このホログラムにシートの面の法線方向から光が入射した場合、反射光は放物面の最大傾斜角の 2 倍の角度範囲内に拡がり、その範囲内での輝度は一定になる。また、体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板の垂直方向から傾いている放物面であれば、その中心軸に垂直な面に対して鏡面反射する方向を中心として回折光が射出する。

40 【0021】したがって、拡散反射光を所望の角度範囲に制限することができる。よって、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができる。

50 【0022】請求項 3 の拡散反射板は、上記の課題を解

決するために、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、該微小部分が面内に配設されるとともに、該体積ホログラムの前面の光路上に拡散透過板が配設されていることを特徴としている。

【0023】上記の構成により、体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列しているホログラムシートへの入射光は、体積ホログラムに形成してある各層の界面のおののおのの傾斜角に応じた角度の方向に反射するので、複数の角度に回折光が出射する。そして、このホログラムシート上に拡散板を配置することにより、所望の拡散角度特性を得ることができる。

【0024】さらに、このとき用いる拡散板は、比較的に小さな拡散角の拡散板でも良い。拡散板だけで高範囲の角度に拡散させる方法では、大きな拡散角が必要になるので拡散角度特性が緩慢になり、また、後方拡散が増加してしまうという欠点がある。これに対して、比較的小さな拡散角の拡散板では、拡散角度特性が急峻であり、また、後方拡散が小さいために後方拡散によるコントラストの低下が少ないという利点がある。

【0025】したがって、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散板の法線方向に位置させることができる。

【0026】請求項4の拡散反射板は、上記の課題を解決するために、請求項1から3の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数種の微小部分を有し、かつ、各種1個ずつの微小部分からなる組ごとに、該微小部分が面内に配設されていることを特徴としている。

【0027】上記の構成により、請求項1から3の何れかの構成による作用に加えて、それぞれ異なる波長をホログラム記録した微小部分が、それぞれの反射波長の光を拡散反射する。よって、1枚の拡散反射板に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができる。したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させる体積ホログラムを形成することにより、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

【0028】請求項5の拡散反射板は、上記の課題を解決するために、請求項1から4の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが積層されていることを特徴としている。

【0029】上記の構成により、請求項1から4の何れ

かの構成による作用に加えて、それぞれ異なる波長をホログラム記録して積層された体積ホログラムが、それぞれの反射波長の光を拡散反射する。よって、1枚の拡散反射板に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができる。また、反射帯域が隣接するように反射波長を設定して、体積ホログラムを積層することにより、反射帯域幅を拡ぐことができる。

【0030】したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長を拡散反射させる体積ホログラムを形成するとともに、各色で反射帯域が隣接するような反射波長の体積ホログラムを形成して反射帯域幅を拡げることにより、各色の波長帯として適切な反射帯域幅の確保され、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

【0031】請求項6の拡散反射板は、上記の課題を解決するために、請求項1から5の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、その層間隔が拡散反射板の厚さ方向で単調に変化していることを特徴としている。

【0032】上記の構成により、請求項1から5の何れかの構成による作用に加えて、層間隔が拡散反射板の厚さ方向で単調に変化するにつれて、反射波長が変化する。これにより、体積ホログラムの反射帯域幅を拡ぐことができる。よって、反射帯域幅を拡げることにより、拡散反射板が適切な反射帯域幅を持つように調整することができる。

【0033】請求項7のプロジェクタ用スクリーンは、上記の課題を解決するために、請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、スクリーンとして設けられていることを特徴としている。

【0034】上記の構成により、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、投影方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央をプロジェクタ用スクリーンの法線方向に位置させることができる。

【0035】また、レーザプロジェクタ等の波長幅の狭い投影光を用いて、投影光の波長帯だけを拡散反射させるようにすることができるため、プロジェクタ用スクリーンの明るさを損なうことなしに、照明時コントラストを高くすることができる。

【0036】したがって、投射光の波長に対応した波長帯だけを拡散反射させることにより、良好な明るさと視覚特性とを備え、また、照明時においても良好なコントラストの表示を行うことができる。

【0037】請求項8の液晶表示素子は、上記の課題を解決するために、請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、反射型のカラーフィルタとして光路上に設けられていることを特徴としている。

【0038】上記の構成により、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができ、かつ、拡散反射光の波長特性を制御することができる。

【0039】すなわち、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させることにより、カラーフィルタを別に付加する必要がなく、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

#### 【0040】

【発明の実施の形態】まず、以下の実施の形態にかかる拡散反射板について説明する。

【0041】所望の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い層と屈折率の低い層とが交互に積層されている体積ホログラムに、ある方向からの光が入射した場合、各層の界面が平面であれば、その面に対して鏡面反射する方向に回折光が反射する。このとき、体積ホログラムが形成されているシートの面に対して、各層の界面が傾いた角度で形成されれば、シートの面に対してではなく各層の界面に対して鏡面反射する方向に回折光が反射する。

【0042】このようなホログラムシート自体には光の拡散性はないが、このホログラムシート上に拡散板あるいはレンズシートを配置することにより、所望の拡散角度特性を得ることができる。

【0043】また、このような体積ホログラムは、ある特定の波長の反射率が高く、それ以外の波長に対してはほとんど反射しないのが特徴である。体積ホログラムの反射光の波長幅に関しては、屈折率の高い層および屈折率の低い層の屈折率をおのおの  $n_H$ 、 $n_L$ 、また反射中心波長を  $\lambda_c$ 、反射帯域幅（半値全幅）を  $\Delta\lambda$  とおくと、交互に積層されている屈折率の高い層および屈折率の低い層の層数が十分に多く、 $n_H$  と  $n_L$  の差が小さい場合、 $\Delta\lambda/\lambda_c$  と  $n_H$ 、 $n_L$  との間には近似的に下式のような関係が成立する。

#### 【0044】

$$\Delta\lambda/\lambda_c \sim 2(n_H - n_L) / (\pi n_L)$$

すなわち、体積ホログラムの反射光の波長幅は各層の屈折率により制御することができる。

【0045】体積ホログラムの簡単な作製法として、ホログラム記録フィルムに干渉露光する方法があるが、この場合、積層されている屈折率の高い層と屈折率の低い層との屈折率差が大きいものでも 0.1 度程度であり、反射帯域幅としては 20 nm 程度である。このように反射帯域幅が極めて狭いことはレーザ光に対する用途には非常に好都合である。

【0046】しかし、一方、反射型液晶表示素子のカラーフィルタに対する用途に対しては、適切な反射帯域幅

を持つ必要があるので、この反射帯域幅が極めて狭いことは致命的な欠点になる。これに対して、交互に積層されている屈折率の高い層と屈折率の低い層との層間隔が異なる体積ホログラムを、多数積層することにより反射帯域幅を広くすることが可能である。また、厚さ方向で層間隔を変調する方法によつても反射帯域幅を広くすることが可能である。この厚さ方向で層間隔を変調する方法においては、層間隔が異なる体積ホログラムを多数積層する方法に対して、作製行程数を大幅に削減することが可能である。

【0047】また、所望の拡散角度特性を得る別の方法として、体積ホログラムにおける各層の界面が、シートの面の法線を回転対称軸とする放物面であれば、この体積ホログラムへの入射光の反射方向は放物面鏡と同様になる。すなわち、このホログラムにシートの面の法線方向から光が入射した場合、反射光は放物面の最大傾斜角の 2 倍の角度範囲内に拡がり、その範囲内での輝度は一定になる。このとき、回転対称軸がシートの面の法線から傾いていれば、その回転対称軸に垂直な面に対して鏡面反射する方向を中心として回折光が反射する。

【0048】また、体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列しているホログラムシートへの入射光は、体積ホログラムに形成してある各層の界面のおのおのの傾斜角に応じた角度の方向に反射するので、複数の角度に回折光が反射する。このホログラムシート上に拡散板を配置することにより、所望の拡散角度特性を得ることができる。このとき用いる拡散板は、比較的に小さな拡散角の拡散板でも良い。拡散板だけで広範囲の角度に拡散させる方法では、大きな拡散角が必要になるので拡散角度特性が緩慢になり、また、後方拡散が増加してしまうという欠点がある。これに対して、比較的小さな拡散角の拡散板では、拡散角度特性が急峻であり、また、後方拡散が小さいために後方拡散によるコントラストの低下が少ないという利点がある。

【0049】【実施の形態 1】本発明の一実施の形態について図 1 から図 4 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0050】図 1 (a)、(b) に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板 1 は、ホログラム記録フィルム 3 とガラス基板 4 とが貼着されたホログラムシート 2 と、このホログラムシート 2 のガラス基板 4 側に貼着された光吸收板 5 と、ホログラム記録フィルム 3 側に重ねて配設されたマイクロレンズシート 6 とを備えて、構成されている。

【0051】上記ホログラムシート 2 は、ホログラム記録フィルム 3 に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層 3a と、屈折率の低い低屈折率層 3b とが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。なお、図 1 (b) に示した拡散反射

板1の断面図では、ホログラム記録フィルム3中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層3aと低屈折率層3bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0052】ここで、上記ホログラムシート2の作製方法を、図2および図3に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0053】図2に示すように、上記ガラス基板4の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム3（米国デュポン社製オムニデックス）を接着剤で貼りつける。上記ガラス基板4の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層7をコートする。このように準備された試料8を、図3に示す2光束干渉光学系100に装着し、波長488nmの单一波長のArレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム3側から照射される物体光L1は試料8に対して垂直に入射し、ガラス基板4側から照射される参照光L2は試料8に対して30°の角度で入射する。

【0054】なお、上記2光束干渉光学系100においては、レーザ光源101から出射されたレーザ光が、ミラー102と1/2波長板103とを介して偏光ビームスプリッタ104に入射され、直進する光束と進行方向が直角に曲げられた光束との2光束に分離される。そして、偏光ビームスプリッタ104を直進した光束は、レンズ105とピンホール106とを通過した後、軸外放物面鏡107に反射されて、参照光L2として試料8にガラス基板4側から30°の角度で照射される。他方、偏光ビームスプリッタ104によって進行方向が直角に曲げられた光束は、1/2波長板108とレンズ109とピンホール110とを通過した後、軸外放物面鏡111に反射されて、物体光L1として試料8にホログラム記録フィルム3側から垂直に照射される。

【0055】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、試料8に水銀ランプの紫外線（5mW/cm<sup>2</sup>）を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料8を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。

【0056】以上の処理により、ホログラム記録フィルム3に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層3aと、屈折率の低い低屈折率層3bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されたホログラムシート2が得られる。

【0057】上記光吸收板5は、黒色に着色した樹脂製のフィルムとなり、ガラス基板4に接着剤によって貼着されている。

【0058】上記マイクロレンズシート（レンズシート）6は、微小凸レンズが縦横におのの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイであり、光路上の前面位置に配置されている。なお、上記マイ

ロレンズシート6は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってもよい。

【0059】つぎに、上記拡散反射板1に、波長488nmの単色光を30°の角度から入射して、拡散反射光の角度特性を測定したところ、図4（a）に示す特性を得た。また、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図4（b）に示す特性を得た。

【0060】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板1は、拡散反射光の輝度が-20°から+20°の範囲でほぼ均一であるほぼ矩形の角度特性であった。また、拡散反射光が約470nmから約500nmの範囲の約20nmの波長幅であった。

【0061】以上のように、ガラス基板4上に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層3aと、屈折率の低い低屈折率層3bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されたホログラム記録フィルム3の前面の光路上にマイクロレンズシート6が配設されている拡散反射板1によれば、入射光を体積ホログラムによって反射し、この反射光を体積ホログラムの前面の光路上に配設されているレンズシート、あるいはレンチキュラーシートによって拡散することができる。

【0062】したがって、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができる。

【0063】また、体積ホログラムの反射帯域幅を、各層の屈折率により制御することができる。加えて、反射帯域幅が極めて狭いことは、レーザ光に対する用途には非常に好都合である。

【0064】【実施の形態2】本発明の他の実施の形態について図5から図8に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0065】図5（a）、（b）に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板11は、ホログラム記録フィルム13とガラス基板14とが接着剤により貼着されて構成されている。

【0066】上記ホログラム記録フィルム13には、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層13aと、屈折率の低い低屈折率層13bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。そして、その面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板11の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板11の垂直方向から傾いている放物面であ

り、この微小部分が面内に配列している。なお、図5 (b) に示した拡散反射板11の断面図では、ホログラム記録フィルム13中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層13aと低屈折率層13bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0067】ここで、上記拡散反射板11の作製方法を、図6および図7に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0068】図6に示すように、上記ガラス基板14の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム13 (米国デュボン社製オムニデックス) を接着剤で貼りつける。上記ガラス基板14の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層15をコートする。さらに、マイクロレンズシート16を、ホログラム記録フィルム13側に重ねて配設する。このように準備された試料18を、図7に示した2光束干渉光学系100'に装着し、波長488nmの単一波長のArレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム13側から照射される物体光L1'は試料18に対して垂直に入射し、また、ガラス基板14側から照射される参照光L2'は試料18に対して垂直に入射する。

【0069】なお、これらの露光条件は、試料8に代えて試料18を装着すること、および、参照光L2'が試料18に対して垂直に入射すること以外は、上述した実施の形態1のものと同一である。

【0070】つづいて、上記2光束干渉光学系100'による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料18に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料18を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。

【0071】以上の処理により、ホログラム記録フィルム13に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層13aと、屈折率の低い低屈折率層13bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている拡散反射板11が得られる。そして、その面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板11の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板11の垂直方向から傾いている放物面であり、この微小部分が面内に配列している。

【0072】なお、拡散反射板11の作製処理で用いるマイクロレンズシート16は、微小凸レンズが縦横におのの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート16は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってもよい。

(7) 12

【0073】つぎに、上記拡散反射板11に、波長488nmの単色光を30°の角度から入射して、拡散反射光の角度特性を測定したところ、図8(a)に示す特性を得た。また、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図8(b)に示す特性を得た。なお、この測定条件は、上述した実施の形態1のものと同一である。

【0074】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板11は、拡散反射光の輝度が+10°から+50°の範囲ではほぼ均一であるほぼ矩形の角度特性であった。また、拡散反射光が約470nmから約500nmの範囲の約20nmの波長幅であった。

【0075】また、図5(c)に示す拡散反射板11'は、前記のように準備した試料18を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着して、拡散反射板11の作製方法と同一の処理によって、作製されたものである。

【0076】上記拡散反射板11'は、拡散反射板11と同様に、高屈折率層13'aと低屈折率層13'bとが交互に積層してなる体積ホログラムが形成されたホログラム記録フィルム13'が、ガラス基板14'に貼着されて構成されている。しかし、上記拡散反射板11'は、ホログラム記録フィルム13'に形成されている体積ホログラムの各層の界面のなす放物面の中心軸の角度が、拡散反射板11のものとは異なっている。

【0077】そして、上述した測定条件と同一の条件によって、上記拡散反射板11'の拡散反射光の角度特性および波長特性を測定すると、上述した実施の形態1と同様の結果が得られた(図4(a), (b))。

【0078】ここで、体積ホログラムにおける各層の界面の形状が、拡散反射板11の法線を回転対称軸とする放物面であれば、この体積ホログラムへの入射光の反射方向は放物面鏡と同様になる。すなわち、このホログラムにシートの面の法線方向から光が入射した場合、反射光は放物面の最大傾斜角の2倍の角度範囲内に拡がり、その範囲内の輝度は一定になる。また、回転対称軸が拡散反射板11'の法線から傾いていれば、その回転対称軸に垂直な面に対して鏡面反射する方向を中心として回折光が射出する。このことにより、所望の拡散角度特性を得ることができる。

【0079】以上のように、ガラス基板14(14')上に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層13a(13'a)と、屈折率の低い低屈折率層13b(13'b)が交互に積層されている体積ホログラムが形成されており、その面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板11の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板11の垂直方向から傾いている放物面であり、この微小部分が面内に配列

している拡散反射板21(11')によれば、拡散反射光を所望の角度範囲に制限することができる。よって、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができる。

【0080】〔実施の形態3〕本発明の他の実施の形態について図9から図11に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0081】図9(a), (b)に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板21は、ホログラム記録フィルム23とガラス基板24とが貼着されたホログラムシート22と、このホログラムシート22のホログラム記録フィルム23側に重ねて配設された拡散透過板25とを備えて、構成されている。

【0082】上記ホログラムシート22は、ホログラム記録フィルム23に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層23aと、屈折率の低い低屈折率層23bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。そして、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列している。なお、図9(b)に示した拡散反射板21の断面図では、ホログラム記録フィルム23中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層23aと低屈折率層23bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0083】ここで、上記ホログラムシート22の作製方法を、図10および図3に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0084】図10に示すように、上記ガラス基板24の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム23(米国デュポン社製オムニデックス)を接着剤で貼りつける。上記ガラス基板24の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層26をコートする。さらに、頂角110°のプリズムシート28を、ホログラム記録フィルム23側に重ねて配設するとともに、屈折角調整のために、ホログラム記録フィルム23とプリズムシート28との間に水を充填して水層27を設ける。このように準備された試料29を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着し、波長488nmの単一波長のArレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム23側から照射される物体光L1は試料29に対して垂直に入射し、ガラス基板24側から照射される参照光L2は試料18に対して30°の角度で入射する。なお、これらの露光条件は、上述した実施の形態1のものと同一である。

【0085】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、プリズムシート28をはずして、水層27を拭き取り、試料29に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料29を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。

【0086】以上の処理により、ホログラム記録フィルム23に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層23aと、屈折率の低い低屈折率層23bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されているホログラムシート22が得られる。そして、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列している。

【0087】なお、ホログラムシート22の作製処理で用いるプリズムシート28は、頂角が110°のプリズムが約100μmの間隔で形成されている。

【0088】上記拡散透過板25は、樹脂中に酸化アルミニウムの粒子を分散させてシート上に塗布した透過型の拡散板である。そして、ホログラムシート22の光路上の前面位置に配置される。

【0089】つぎに、上記拡散反射板21に、波長488nmの単色光を30°の角度から入射して、拡散反射光の角度特性を測定したところ、図11(a)に示す特性を得た。また、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図11(b)に示す特性を得た。なお、この測定条件は、上述した実施の形態1のものと同一である。

【0090】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板21は、拡散反射光の輝度がほぼ矩形の角度特性であり、また拡散反射光が約470nmから約500nmの範囲の約20nmの波長幅であった。そして、拡散反射板21からの拡散反射光の角度特性は、ランダム粗面を用いた拡散板に対して、より矩形に近くなっている。

【0091】ここで、体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列しているホログラムシート22への入射光は、体積ホログラムに形成されている各層の界面のおおのの傾斜角に応じた角度の方向に反射するので、複数の角度に回折光が出射する。このホログラムシート22上に拡散透過板25を配置することにより、所望の拡散角度特性を得ることができる。

【0092】また、このとき用いる拡散透過板25は、比較的小さな拡散角の拡散板でもよい。拡散透過板だけで広範囲の角度に拡散させる方法では、大きな拡散角が必要になるので拡散角度特性が緩慢になり、また、後方拡散が増加してしまうという欠点がある。これに対して、比較的小さな拡散角の拡散透過板では、拡散角度特性が急峻であり、また、後方拡散が小さいために後方拡

散によるコントラストの低下が少ないという利点がある。

【0093】以上のように、ガラス基板24上に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層23aと、屈折率の低い低屈折率層23bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されており、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、この傾斜角の異なる微小部分が面内に配列しており、その前面の光路上に拡散透過板25が配設されている拡散反射板21によれば、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散板の法線方向に位置させることができる。

【0094】【実施の形態4】本発明の他の実施の形態について図12から図14に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0095】図12(a), (b)に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板31は、ホログラム記録フィルム33とガラス基板34とが接着剤により貼着されて構成されている。

【0096】上記ホログラム記録フィルム33には、拡散反射する波長の異なる3種類の微小部分（第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37）が面内に配設されている。そして、各種1個ずつの微小部分からなる組ごとに、その微小部分が面内に配列されている。また、上記第1微小部分35には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層35aと、屈折率の低い低屈折率層35bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。同様に、上記第2微小部分36には、第2の波長に対応する層間隔で高屈折率層36aと、低屈折率層36bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。上記第3微小部分37には、第3の波長に対応する層間隔で高屈折率層37aと、低屈折率層37bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0097】ここで、上記の第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37に形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板31の垂直方向であり放物面、あるいは中心軸が拡散反射板31の垂直方向から傾いている放物面であってもよい。また、上記の第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37に形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が、各微小部分ごとに異なっていてもよい。

【0098】なお、図12(b)に示した拡散反射板31の断面図では、ホログラム記録フィルム33の各微小部分（第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小

部分37）中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層35a, 36a, 37aと低屈折率層35b, 36b, 37bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0099】加えて、第1微小部分35は赤色を反射するように、第1の波長が設定されている。また、第2微小部分36は緑色を反射するように、第2の波長が設定されている。さらに、第3微小部分37は青色を反射するように、第3の波長が設定されている。

【0100】ここで、上記拡散反射板31の作製方法を、図13および図3に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0101】図13に示すように、上記ガラス基板34の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム33（米国デュポン社製オムニデックス）を接着剤で貼り付ける。上記ガラス基板34の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層38をコートする。さらに、マイクロレンズシート39を、ホログラム記録フィルム33側に重ねて配設する。このように準備された試料40を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着する。ここで、試料40のガラス基板34側に遮光マスク41を、マイクロレンズシート39側に遮光マスク42を配設する。この遮光マスク41には、2対1の割合の幅で遮光部分41aと透光部分41bがスリット状に設けられている。同様に、遮光マスク42にも、遮光部分42aと透光部分42bがスリット状に設けられている。

【0102】まず、初期設定の位置である第1遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41, 42を介して、試料40に対して、波長458nmの単一波長のArレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。

【0103】これにより、透光部分41bと透光部分42bとを通過したレーザ光によって、第1微小部分35…に、高屈折率層35aと低屈折率層35bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0104】つぎに、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第2遮光位置に設定する。この第2遮光位置とは、第1遮光位置の透光部分41a, 42aに該当する微小部分が完全に遮光されるように、遮光マスク41, 42を第1遮光位置よりそれぞれ透光部分41a, 42aの幅だけ移動させた位置である。上記第2遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41, 42を介して、試料40に対して、波長532nmの単一波長のNdYAGレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。

【0105】これにより、透光部分41bと透光部分42bとを通過したレーザ光によって、第2微小部分36…に、高屈折率層36aと低屈折率層36bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0106】最後に、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第3遮光位置に設定する。この第3遮光位置と

は、第1遮光位置および第2遮光位置の透光部分41a, 42aに該当する微小部分が完全に遮光されるように、遮光マスク41, 42を第2遮光位置よりそれぞれ透光部分41a, 42aの幅だけ移動させた位置である。上記第3遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41, 42を介して、試料40に対して、波長647nmの単一波長のKrレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。

【0107】これにより、透光部分41bと透光部分42bとを通過したレーザ光によって、第2微小部分37…に、高屈折率層37aと低屈折率層37bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0108】なお、このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム33側から照射される物体光L1は試料40に対して垂直に入射し、ガラス基板34側から照射される参照光L2は試料40に対して30°の角度で入射する。

【0109】また、遮光マスク41, 42を第1遮光位置、第2遮光位置、第3遮光位置と順にずらして設定することにより、試料40の両面全体を2光束干渉露光することができる。

【0110】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート39をはずし、試料40に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料40を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。

【0111】以上の処理により、ホログラム記録フィルム33に、拡散反射する波長の異なる3種類の微小部分(第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37)が、各種1個ずつの微小部分からなる組ごとに、その微小部分が面内に配列されている拡散反射板31が得られる。そして、上記第1微小部分35には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層35aと、屈折率の低い低屈折率層35bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。同様に、上記第2微小部分36には、第2の波長に対応する層間隔で高屈折率層36aと、低屈折率層36bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。上記第3微小部分37には、第3の波長に対応する層間隔で高屈折率層37aと、低屈折率層37bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0112】なお、拡散反射板31の作製処理で用いるマイクロレンズシート39は、微小凸レンズが縦横におのの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート39は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってもよい。

【0113】つぎに、上記拡散反射板31に、波長46

0nm、532nm、647nmの単色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図14に示す特性を得た。なお、図14は、各波長における最大の強度によって各々規格化している。

【0114】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板31は、拡散反射光が約440nmから約480nm、約520nmから約540nm、約630nmから約650nmの範囲の波長幅であった。

【0115】以上のように、ガラス基板34上に、それぞれ高屈折率層と低屈折率層とが交互に積層されている拡散反射する波長の異なる体積ホログラムが形成されている3種類の微小部分(第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37)が面内に配設されている拡散反射板31によれば、それぞれ異なる波長をホログラム記録した微小部分が、それぞれの反射波長の光を拡散反射する。よって、1枚の拡散反射板31に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができる。したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させる体積ホログラム(第1微小部分35、第2微小部分36、第3微小部分37)を形成することにより、良好な明るさと視覚特性とを備えた、カラー表示が可能な拡散反射板を作製することができる。

【0116】【実施の形態5】本発明の他の実施の形態について図15、図6、図14に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0117】図15(a), (b)に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板51は、ガラス基板52と3枚のホログラム記録フィルム53, 54, 55とが接着剤により貼着されて構成されている。

【0118】上記ホログラム記録フィルム53には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層53aと、屈折率の低い低屈折率層53bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。そして、その面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板51の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板51の垂直方向から傾いている放物面であり、この微小部分が面内に配列している。

【0119】同様に、上記ホログラム記録フィルム54には、第2の波長に対応する層間隔で高屈折率層54aと、低屈折率層54bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。また、上記ホログラム記録フィルム55には、第3の波長に対応する層間隔で高屈折率層55aと、低屈折率層55bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0120】なお、図15(b)に示した拡散反射板51の断面図では、ホログラム記録フィルム53, 54,

55中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層53a, 54a, 55aと低屈折率層53b, 54b, 55bとかなる干渉縞構造がそれ形成されている。

【0121】加えて、第1の波長は、ホログラム記録フィルム53に形成される体積ホログラムが赤色を反射するように設定されている。また、第2の波長は、ホログラム記録フィルム54に形成される体積ホログラムが緑色を反射するように設定されている。さらに、第3の波長は、ホログラム記録フィルム54に形成される体積ホログラムが青色を反射するように設定されている。

【0122】ここで、上記拡散反射板51の作製方法を、上述した実施の形態2の説明図である図6および図3を参照しながら説明すれば、以下のとおりである。

【0123】図6に示したように、上記ガラス基板52の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム53（米国デュポン社製オムニデックス）を接着剤で貼りつける。上記ガラス基板52の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層15をコートする。さらに、マイクロレンズシート16を、ホログラム記録フィルム53側に重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着し、波長647nmの単一波長のKrレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。

【0124】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線（5mW/cm<sup>2</sup>）を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。これにより、ホログラム記録フィルム53には、赤色を反射するように高屈折率層53aと低屈折率層53bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0125】つぎに、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム54（米国デュポン社製オムニデックス）に、マイクロレンズシート16を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に装着し、波長532nmの単一波長のNdYAGレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。

【0126】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線（5mW/cm<sup>2</sup>）を2分間照射して、UVキュアを行う。そして、試料を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。これにより、ホログラム記録フィルム54には、緑色を反射するように高屈折率層54aと低屈折率層54bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0127】得られたホログラム記録フィルム54を、先に波長647nmの2光束干渉露光で作製したホログラムシートのホログラム記録フィルム53上に接着剤で

貼りつける。

【0128】さらに、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム55（米国デュポン社製オムニデックス）に、マイクロレンズシート16を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に装着し、波長458nmの単一波長のArレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。

【0129】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線（5mW/cm<sup>2</sup>）を2分間照射して、UVキュアを行う。そして、試料を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。これにより、ホログラム記録フィルム55には、青色を反射するように高屈折率層55aと低屈折率層55bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成される。

【0130】得られたホログラム記録フィルム55を、先に波長647nmと532nmの2光束干渉露光で作製したホログラムシートのホログラム記録フィルム54上に接着剤で貼りつける。

【0131】以上の処理により、ガラス基板52上に、それぞれ反射波長の異なる体積ホログラムを有する3枚のホログラム記録フィルム53, 54, 55が積層されている拡散反射板51が得られる。

【0132】なお、拡散反射板11の作製処理で用いるマイクロレンズシート16は、微小凸レンズが縦横におのおの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート16は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってもよい。

【0133】また、このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、マイクロレンズシート16側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、反対側から照射される参照光L2は試料に対して30°の角度で入射する。

【0134】つぎに、上記拡散反射板51に、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図14に示した特性と同様に特性を得た。

【0135】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板31は、拡散反射光が約440nmから約480nm、約520nmから約540nm、約630nmから約650nmの範囲の波長幅であった。

【0136】以上のように、ガラス基板52上に、それぞれ反射波長の異なる体積ホログラムを有する3枚のホログラム記録フィルム53, 54, 55が積層されている拡散反射板51によれば、それぞれ異なる波長をホログラム記録して積層された体積ホログラムが、それぞれの反射波長の光を拡散反射する。よって、1枚の拡散反

射板に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができる。したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長を拡散反射させる体積ホログラムを形成することにより、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

【0137】さらに、拡散反射板を、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが、光の入射方向からみて、反射波長の短いものから順に配置されている構成により、反射光の強度の低下を抑制することができる。

【0138】なぜならば、ホログラム記録フィルムの材料は、波長の短い光ほど吸収率が大きくなる。したがって、反射波長の異なる複数の体積ホログラムを積層する場合、反射波長の短い体積ホログラムが光の入射方向側に位置している方が、体積ホログラムの吸収による反射光強度の低下を少なくすることができる。

【0139】〔実施の形態6〕本発明の他の実施の形態について図16と図17、および図13に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0140】図16(a), (b)に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板61は、ガラス基板62と2枚のホログラム記録フィルム63, 64とが接着剤により貼着されて構成されている。

【0141】上記ホログラム記録フィルム63には、拡散反射する波長の異なる3種類の微小部分（第1微小部分65、第2微小部分66、第3微小部分67）が面内に配設されている。そして、上記第1微小部分65には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層65aと、屈折率の低い低屈折率層65bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。ここで、上記第1微小部分65に形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板61の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板61の垂直方向から傾いている放物面であってもよい。また、体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が、各微小部分ごとに異なっていてもよい。

【0142】同様に、上記第2微小部分66には、第2の波長に対応する層間隔で高屈折率層66aと、低屈折率層66bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。上記第3微小部分67には、第3の波長に対応する層間隔で高屈折率層67aと、低屈折率層67bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0143】なお、図16(b)に示した拡散反射板61の断面図では、ホログラム記録フィルム63の各微小部分（第1微小部分65、第2微小部分66、第3微小部分67）中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層65a, 66a, 67aと低屈折率層65b, 66b, 67bとなる干渉縞構造が形成されている。

【0144】同様に、上記ホログラム記録フィルム64には、拡散反射する波長の異なる3種類の微小部分（第4微小部分68、第5微小部分69、第6微小部分70）が面内に配設されている。そして、上記第4微小部分68には、所望する第4の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層68aと、屈折率の低い低屈折率層68bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。同様に、上記第5微小部分69には、第5の波長に対応する層間隔で高屈折率層69aと、低屈折率層69bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。上記第3微小部分70には、第6の波長に対応する層間隔で高屈折率層70aと、低屈折率層70bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0145】さらに、上記のホログラム記録フィルム63とホログラム記録フィルム64とが、第1微小部分65の上に第4微小部分68が、第2微小部分66の上に第5微小部分69が、第3微小部分67の上に第6微小部分70がそれぞれ重なるように、接着剤によって貼着されている。

【0146】加えて、第1微小部分65および第4微小部分68は赤色を反射するように、第1の波長と第4の波長が設定されている。そして、第1の波長よりも第4の波長の方がやや短く設定される。また、第2微小部分66および第5微小部分69は緑色を反射するように、第2の波長と第5の波長が設定されている。そして、第2の波長よりも第5の波長の方がやや短く設定される。さらに、第3微小部分67および第6微小部分70は青色を反射するように、第3の波長と第6の波長が設定されている。そして、第3の波長よりも第6の波長の方がやや短く設定される。すなわち、上記拡散反射板61の体積ホログラムは、光の入射方向からみて、反射波長の短いものから順に配置されている。

【0147】ここで、上記拡散反射板61の作製方法を、実施の形態4の説明図である図13および図3を参照しながら説明すれば、以下のとおりである。

【0148】図13に示したように、上記ガラス基板62の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム63（米国デュポン社製オムニデックス）を接着剤で貼りつける。上記ガラス基板62の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層38をコートする。さらに、マイクロレンズシート39を、ホログラム記録フィルム63側に重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着する。ここで、上述したように、試料のガラス基板62側に遮光マスク41を、マイクロレンズシート39側に遮光マスク42を配設する。この遮光マスク41には、2対1の割合で遮光部分41aと透光部分41bがスリット状に設けられている。同様に、遮光マスク42にも、遮光部分

42aと透光部分42bがスリット状に設けられている。

【0149】第1遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41, 42を介して、試料に対して、波長488nmの単一波長のArレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。つぎに、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第2遮光位置に設定し、波長568nmの単一波長のKrレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。最後に、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第3遮光位置に設定し、波長676nmの単一波長のKrレーザ光で30秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム63側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、ガラス基板62側から照射される参照光L2は試料に対して30°の角度で入射する。

【0150】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート39をはずし、試料に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。これにより、ホログラム記録フィルム63に、それぞれ体積ホログラムが形成された第1微小部分65、第2微小部分66、第3微小部分67が形成される。

【0151】同様に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム64(米国デュポン社製オムニデックス)に、マイクロレンズシート39を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着する。ここで、上述したように、マイクロレンズシート39側に遮光マスク42を、反対側に遮光マスク41を、配設する(図13)。

【0152】第1遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41, 42を介して、試料に対して、波長458nmの単一波長のArレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。つぎに、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第2遮光位置に設定し、波長532nmの単一波長のNdYAGレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。最後に、上記の遮光マスク41, 42をそれぞれ第3遮光位置に設定し、波長647nmの単一波長のKrレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、マイクロレンズシート39側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、反対側から照射される参照光L2は試料に対して30°の角度で入射する。

【0153】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート39をはずし、試料に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。これにより、ホログラム記録フィルム64に、それぞれ体積ホログラムが形成された第4微小部分68、第5微小部分69、第6微小部分70が形成される。

【0154】その後、先に作製したガラス基板62とホログラム記録フィルム63とを貼着したホログラムシートに、ホログラム記録フィルム64を接着剤で貼りつける。このとき、第1微小部分65の上に第4微小部分68が、第2微小部分66の上に第5微小部分69が、第3微小部分67の上に第6微小部分70がそれぞれ重なるように、貼着する。

【0155】最後に、貼着された拡散反射板61を100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。

【0156】以上の処理により、ホログラム記録フィルム63には、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが、光の入射方向からみて、反射波長の短いものから順に配置される。

【0157】なお、拡散反射板61の作製処理で用いるマイクロレンズシート39は、微小凸レンズが縦横におのおの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート39は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってもよい。

【0158】つぎに、上記拡散反射板61の反射波長の異なるそれぞれの部分に、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、それぞれの部分に対応した図17(a), (b), (c)に示す特性を得た。なお、図17は、各波長における最大の強度によって各々規格化してある。

【0159】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板61は、拡散反射光が約440nmから約500nm、約520nmから約570nm、約630nmから約680nmの範囲の波長幅であった。これは、図14に示した特性よりも、赤色・緑色・青色の各色で波長幅がそれほぼ倍に広がっていることがわかる。

【0160】以上のように、ガラス基板62上に、それぞれ高屈折率層と低屈折率層とが交互に積層されている拡散反射する波長の異なる体積ホログラムが形成されている6種類の微小部分(第1微小部分65、第2微小部分66、第3微小部分67)が面内に配設されている拡散反射板61によれば、それぞれ異なる波長をホログラム記録して積層された体積ホログラムが、それぞれの反射波長の光を拡散反射する。よって、1枚の拡散反射板61に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができる。また、反射帯域が隣接するように反射波長を設定して、体積ホログラムを積層することにより、反射帯域幅を拡くことができる。

【0161】したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長を拡散反射させる体積ホログラムを形成するとともに、各色で反射帯域が隣接するような反射波長の体積ホログラムも形成して反射帯域幅を拡げることによ

り、各色の波長帯として適切な反射帯域幅の確保され、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

【0162】加えて、拡散反射板を、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが、光の入射方向からみて、反射波長の短いものから順に配置されている構成により、反射光の強度の低下を抑制することができる。

【0163】なぜならば、ホログラム記録フィルムの材料は、波長の短い光ほど吸収率が大きくなる。したがって、反射波長の異なる複数の体積ホログラムを積層する場合、反射波長の短い体積ホログラムが光の入射方向側に位置している方が、体積ホログラムの吸収による反射光強度の低下を少なくすることができる。

【0164】〔実施の形態7〕本発明の他の実施の形態について図18および図19に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0165】図18(a), (b)に示すように、本実施の形態にかかる拡散反射板71は、ホログラム記録フィルム73と、カラーチューニングフィルム75と、ガラス基板74とが接着剤により貼着されて構成されている。

【0166】上記ホログラム記録フィルム73には、実施の形態2のホログラム記録フィルム13と同様に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層73aと、屈折率の低い低屈折率層73bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。しかし、ホログラム記録フィルム73では、特に、形成されている体積ホログラムの層間隔が、ホログラム記録フィルム73の厚さ方向で光の入射方向側より単調に拡がっている。

【0167】なお、図18(b)に示した拡散反射板71の断面図では、ホログラム記録フィルム73中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層73aと低屈折率層73bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0168】通常、カラーチューニングフィルムは、熱処理の時間を十分に長くかけてカラーチューニングフィルムからホログラム記録フィルム中にモノマーを均一に拡散させてホログラム記録フィルムを膨張させ、記録された体積ホログラムの干渉縞の間隔を長くすることにより、体積ホログラムの再生波長を長波長側にシフトさせるために用いる。本実施の形態では、上記カラーチューニングフィルム75は、カラーチューニング時の熱処理の温度と時間を調節することにより、ホログラム記録フィルム73の厚さ方向で、カラーチューニングフィルム75から拡散したモノマーに濃度勾配をもたせて、ホログラム記録フィルム73が膨張する量を厚さ方向で変ることにより、体積ホログラムの反射帯域幅を広げている。

【0169】ここで、上記拡散反射板71の作製方法

を、図6および図3を参照しながら説明すれば、以下のとおりである。

【0170】カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム73(米国デュポン社製オムニデックス)に、マイクロレンズシート16を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着し、波長458nmの単一波長のArレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、マイクロレンズシート16側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、反対側から照射される参照光L2は試料に対して30°の角度で入射する。

【0171】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。

【0172】つづいて、ガラス基板74にカラーチューニングフィルム(米国デュポン社製ホログラム波長調整用フィルム)75を接着剤で貼りつけ、さらにその上に上記ホログラム記録フィルム73を貼りつけた後、100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。この熱処理によって、カラーチューニングフィルム75中のモノマーが、ホログラム記録フィルム73中に拡散する。最後に、水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。

【0173】以上の処理により、ホログラム記録フィルム73に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層73aと、屈折率の低い低屈折率層73bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている拡散反射板71が得られる。そして、カラーチューニングフィルム75により、形成されている体積ホログラムの層間隔が、ホログラム記録フィルム73の厚さ方向で光の入射方向側より単調に拡がっている。

【0174】なお、拡散反射板71の作製処理で用いるマイクロレンズシート16は、微小凸レンズが縦横におのおの約100μmの間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート16は、微小シリンドリカルレンズが約100μmの間隔で形成されているレンチキュラーシートであってよい。

【0175】つづいて、上記拡散反射板71に、白色光を30°の角度から入射して、0°方向の反射光の波長特性を測定したところ、図19に示す特性を得た。なお、この測定条件は、上述した実施の形態2のものと同一である。

【0176】このように、上述した方法によって作製された本実施の形態にかかる拡散反射板71は、拡散反射光が約440nmから約520nmの範囲の波長幅であった。これは、拡散反射光の波長幅が、実施の形態2の

結果より広くなっている。

【0177】以上のように、ガラス基板74上に、所望の反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層73aと、屈折率の低い低屈折率層73bが交互に積層されている体積ホログラムが形成されており、その体積ホログラムの層間隔が、ホログラム記録フィルム73の厚さ方向で光の入射方向側より単調に拡がっている拡散反射板71によれば、層間隔が拡散反射板71の厚さ方向で単調に変化するにつれて、反射波長が変化する。これにより、体積ホログラムの反射帯域幅を拡くすることができる。よって、反射帯域幅を拡げることにより、拡散反射板が適切な反射帯域幅を持つように調整することができる。

【0178】なお、ホログラム記録フィルム73の厚さ方向で層間隔を変調する方法においては、層間隔が異なる体積ホログラムを多数積層する方法に対して、作製行程数を大幅に削減することができる。

【0179】さらに、体積ホログラムの層間隔が拡散反射板の厚さ方向で連続的に変化している部分で、光の入射方向側に層間隔の狭い方が位置している構成にすることにより、反射光の強度の低下を抑制することができる。

【0180】なぜならば、ホログラム記録フィルムの材料は、波長の短い光ほど吸収率が大きくなる。したがって、層間隔の異なる複数の体積ホログラムを積層する場合、層間隔の狭い面側が光の入射方向側に位置している方が、体積ホログラムの吸収による反射光強度の低下を少なくすることができる。

【0181】〔実施の形態8〕本発明の他の実施の形態について図20、図21、図6および図14に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0182】図20(a)、(b)に示すように、本実施の形態にかかるプロジェクタ用スクリーン81は、ベースフィルム82の上に3枚のホログラム記録フィルム83、84、85が順に貼着されてホログラムシート89が形成されており、そのベースフィルム82上に光吸収層86が塗布されるとともに、ホログラム記録フィルム85上に保護層87と反射低減層88とが順に塗布されて、構成されている。

【0183】上記ベースフィルム82は、PET(poly ethylene terephthalate)からなる厚さが約300μmのフィルムである。

【0184】上記ホログラム記録フィルム83には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層83aと、屈折率の低い低屈折率層83bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。そして、その面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸がプロジェクタ用スクリーン81の垂直方向である放物面、あるいは中心軸がプロジェクタ用スクリーン81の

垂直方向から傾いている放物面であり、この微小部分が面内に配列している。

【0185】同様に、上記ホログラム記録フィルム84には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層84aと、屈折率の低い低屈折率層84bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。また、上記ホログラム記録フィルム85には、所望する第3の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層85aと、屈折率の低い低屈折率層85bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。

【0186】なお、図20(b)に示したプロジェクタ用スクリーン81の断面図では、ホログラム記録フィルム83、84、85中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層83a、84a、85aと低屈折率層83b、84b、85bとからなる干渉縞構造がそれ形成されている。

【0187】加えて、ホログラム記録フィルム83の微小部分が赤色を反射するように、第1の波長が設定されている。また、ホログラム記録フィルム84の微小部分が緑色を反射するように、第2の波長が設定されている。さらに、ホログラム記録フィルム84の微小部分が青色を反射するように、第3の波長が設定されている。

【0188】ここで、上記プロジェクタ用スクリーン81の作製方法を、上述した実施の形態2の説明図である図6および図3を参照しながら説明すれば、以下のとおりである。

【0189】図6に示したように、上記ベースフィルム82の一方の面上に、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム83(米国デュポン社製オムニデックス)を接着剤で貼りつける。上記ベースフィルム82の他方の面上には、干渉露光時のゴースト光を防止するために反射防止層15をコートする。さらに、マイクロレンズシート16を、ホログラム記録フィルム83側に重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着し、波長647nmの単一波長のKrレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。最後に、試料を100℃で30分間加熱して、熱処理を行う。

【0190】つぎに、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム84(米国デュポン社製オムニデックス)に、マイクロレンズシート16を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に装着し、波長532nmの単一波長のNdYAGレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫

外線 ( $5 \text{ mW/cm}^2$ ) を2分間照射して、UVキュアを行う。そして、試料を $100^\circ\text{C}$ で30分間加熱して、熱処理を行う。得られたホログラム記録フィルム84を、先に波長 $647\text{ nm}$ の2光束干渉露光で作製したホログラムシートのホログラム記録フィルム83上に接着剤で貼りつける。

【0191】さらに、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム85（米国デュポン社製オムニデックス）に、マイクロレンズシート16を重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に装着し、波長 $458\text{ nm}$ の単一波長のArレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート16をはずし、試料に水銀ランプの紫外線 ( $5 \text{ mW/cm}^2$ ) を2分間照射して、UVキュアを行う。そして、試料を $100^\circ\text{C}$ で30分間加熱して、熱処理を行う。得られたホログラム記録フィルム85を、先に波長 $647\text{ nm}$ と $532\text{ nm}$ の2光束干渉露光で作製したホログラムシートのホログラム記録フィルム84上に接着剤で貼りつける。

【0192】なお、2光束干渉光学系100による2光束干渉露光のレーザ光強度は約 $10 \text{ mW/cm}^2$ である。また、マイクロレンズシート16側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、反対側から照射される参照光L2は試料に対して $30^\circ$ の角度で入射する。

【0193】以上の処理により、ベースフィルム82上に、それぞれ反射波長の異なる体積ホログラムを有する3枚のホログラム記録フィルム83、84、85が積層されているホログラムシート89が得られる。

【0194】なお、プロジェクタ用スクリーン81の作製処理で用いるマイクロレンズシート16は、微小凸レンズが縦横におののの約 $100\text{ }\mu\text{m}$ の間隔で形成されているマイクロレンズアレイである。また、上記マイクロレンズシート16は、微小シリンドリカルレンズが約 $100\text{ }\mu\text{m}$ の間隔で形成されているよりなるレンチキュラーシートであってもよい。

【0195】上記光吸收層86は、黒色の色素を混入した樹脂層であり、先に作製されたホログラムシート89のベースフィルム82上に塗布される。

【0196】上記保護層87は、膜厚が約 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の二酸化シリコンの蒸着膜で、先に作製されたホログラムシート89のホログラム記録フィルム85上に蒸着して形成される。

【0197】上記反射低減層88は、屈折率が約1.3の樹脂層であり、先に塗布された保護層87上に塗布される。

【0198】ここで、上記プロジェクタ用スクリーン81に、白色光を $30^\circ$ の角度から入射して、 $0^\circ$ 方向の反射光の波長特性を測定したところ、実施の形態4の説

明図である図14に示した特性と同様の特性を得た。

【0199】つぎに、図21に示すように、以上のように作製した上記プロジェクタ用スクリーン81に、LCD (liquid crystal display) プロジェクタ121より照射された投射光L3を、例えば $30^\circ$ の角度から投射する。そして、プロジェクタ用スクリーン81より、投射光L3は拡散反射光L4として拡散反射されて、拡散反射光L4が観察者122により観察される。

【0200】従来のプロジェクタ用スクリーンは、照明下では白く、映像のコントラストが悪化していた。これに対し、本実施の形態にかかるプロジェクタ用スクリーン81は、照明下でも黒く、照明下で映像を投影したときにもコントラストが良好である。

【0201】以上のように、ベースフィルム82上に、それぞれ反射波長の異なる体積ホログラムを有する3枚のホログラム記録フィルム83、84、85が積層されているプロジェクタ用スクリーン81を用いることにより、拡散反射光L4を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、投射光L3の方向がプロジェクタ用スクリーン81の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央をプロジェクタ用スクリーン81の法線方向に位置させることができる。

【0202】また、レーザプロジェクタ等の波長幅の狭い投影光を用いて、投射光L3の波長帯だけを拡散反射させるようにすることができるため、プロジェクタ用スクリーン81の明るさを損なうことなしに、照明時コントラストを高くすることができる。

【0203】したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させることにより、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

【0204】【実施の形態9】本発明の他の実施の形態について図22に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0205】図22に示すように、本実施の形態にかかる液晶表示素子91は、拡散反射板31'、ガラス基板92と、偏光板93と、透明電極94と、配向膜95と、光吸收層96と、保護層97と、液晶層98とを備えて、構成される単純マトリクス型の液晶表示素子である。

【0206】上記拡散反射板31'は、上述した実施の形態4にかかる拡散反射板31を、実施の形態7で説明したカラーチューニングフィルムを用いて、体積ホログラムの層間隔をホログラム記録フィルム33の厚さ方向で光の入射方向側より、単調に拡げる処理を施したものである。

【0207】したがって、上記拡散反射板31'は、ガラス基板34上のホログラム記録フィルム33'に、拡

散反射する波長の異なる3種類の微小部分（第1微小部分35'、第2微小部分36'、第3微小部分37'）が面内に配設されている。そして、上記第1微小部分35'には、所望する第1の波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層35'aと、屈折率の低い低屈折率層35'bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。同様に、上記第2微小部分36'には、第2の波長に対応する層間隔で高屈折率層36'aと、低屈折率層36'bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。上記第3微小部分37'には、第3の波長に対応する層間隔で高屈折率層37'aと、低屈折率層37'bとが交互に積層されている体積ホログラムが形成されている。さらに、3種類の微小部分の体積ホログラムの層間隔が、ホログラム記録フィルム33'の厚さ方向で、光の入射方向側より単調に拡がっている。

【0208】なお、図22に示した拡散反射板31'の断面図では、ホログラム記録フィルム33'の各微小部分（第1微小部分35'、第2微小部分36'、第3微小部分37'）中に、数層の干渉縞しか示していないが、実際には数10～数100層の高屈折率層35'a、36'a、37'aと低屈折率層35'b、36'b、37'bとからなる干渉縞構造が形成されている。

【0209】加えて、第1微小部分35'は赤色を反射するように、第1の波長が設定されている。また、第2微小部分36'は緑色を反射するように、第2の波長が設定されている。さらに、第3微小部分37'は青色を反射するように、第3の波長が設定されている。

【0210】上記ガラス基板92は、拡散反射板31'側の電極基板に対向する電極基板を構成するものである。

【0211】上記偏光板93は、二色性色素を用いたものである。

【0212】上記透明電極94は、ITO(indium tin oxide)よりなり、拡散反射板31'側の電極基板と、ガラス基板92側の電極基板とに直交するストライプ状に蒸着される。

【0213】上記配向膜95は、膜厚が約50nmのPVA(polyvinyl alcohol)膜であり、平行配向となるようにラビング処理を施す。

【0214】上記光吸収層96は、黒色の色素を混入した樹脂層である。

【0215】上記保護層97は、膜厚が約0.1μmの酸化シリコンの蒸着膜で、先に作製されたホログラム記録フィルム33'上に蒸着して形成される。

【0216】上記液晶層98は、ネマチック相のゲストホスト型のものである。

【0217】ここで、液晶表示素子91の作製方法を説明すると、以下のとおりである。

【0218】まず、上記拡散反射板31'を、実施の形

10

態4で説明した方法により作製する。

【0219】図13に示したように、カバーシートを剥がしたホログラム記録フィルム33'（米国デュポン社製オムニデックス）に、マイクロレンズシート39を、ホログラム記録フィルム33'側に重ねて配設する。このように準備された試料を、図3に示した2光束干渉光学系100に、試料8に代えて装着する。ここで、上記したように、試料のガラス基板34側に遮光マスク41を、マイクロレンズシート39側に遮光マスク42を配設する。

20

【0220】第1遮光位置にそれぞれ設定された遮光マスク41、42を介して、試料に対して、波長458nmの単一波長のArレーザ光で5秒間、2光束干渉露光する。つぎに、上記の遮光マスク41、42をそれぞれ第2遮光位置に設定し、波長532nmの単一波長のNdYAGレーザ光で3秒間、2光束干渉露光する。最後に、上記の遮光マスク41、42をそれぞれ第3遮光位置に設定し、波長647nmの単一波長のKrレーザ光で15秒間、2光束干渉露光する。このときのレーザ光強度は約10mW/cm<sup>2</sup>である。また、ホログラム記録フィルム33'側から照射される物体光L1は試料に対して垂直に入射し、ガラス基板34側から照射される参照光L2は試料に対して30°の角度で入射する。

20

【0221】つづいて、上記2光束干渉光学系100による露光後、マイクロレンズシート39をはずし、試料に水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。さらに、ガラス基板34にカラーチューニングフィルム（米国デュポン社製ホログラム波長調整用フィルム）75を接着剤で貼りつけ、さらにその上に上記ホログラム記録フィルム33'を貼りつけた後、100°Cで30分間加熱して、熱処理を行う。この熱処理によって、カラーチューニングフィルム75中のモノマーが、ホログラム記録フィルム33'中に拡散する。最後に、水銀ランプの紫外線(5mW/cm<sup>2</sup>)を2分間照射して、UVキュアを行う。

30

【0222】このように作製された拡散反射板31'のガラス基板34上に吸収層96を塗布するとともに、ホログラム記録フィルム33'上に保護層97を塗布する。さらに、保護層97上に、蒸着マスクを用いてITOをストライプ状に蒸着して透明電極94を形成する。

40

【0223】また、もう一方の電極基板は、ガラス基板94にITOをストライプ状に蒸着して透明電極94を形成する。

【0224】その後、両方の電極基板の透明電極94上に、配向膜95を塗布し、平行配向となるようにラビング処理を施し、シール印刷を行った後、図示しないスペーサを散布した後、両方の電極基板を貼りあわせ、液晶を注入する。その後、ガラス基板92の表面に偏光板93を貼って、単純マトリクス型の液晶表示素子91が作製できる。

50

【0225】このように作製した液晶表示素子91を用いて、カラーパターンの表示を行なったところ、良好な明るさと視覚特性が確認できた。

【0226】以上のように、赤色・緑色・青色の3種類の所望する波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層されている体積ホログラムが形成され、その体積ホログラムの層間隔が、厚さ方向で光の入射方向側より単調に拡がっている微小部分を備えたホログラム記録フィルム33'を有する拡散反射板31'を備えた液晶表示素子91によれば、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができ、かつ、拡散反射光の波長特性を制御することができる。

【0227】すなわち、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させることにより、カラーフィルタを別に付加する必要がなく、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができる。

#### 【0228】

【発明の効果】請求項1の発明の拡散反射板は、以上のように、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成されているとともに、該体積ホログラムの前面の光路上にレンズシート、あるいはレンチキュラーシートが配設されている構成である。

【0229】それゆえ、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができるという効果を奏する。また、体積ホログラムの反射帯域幅を、各層の屈折率により制御することができるという効果を奏する。

【0230】請求項2の発明の拡散反射板は、以上のように、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の形状が、中心軸が拡散反射板の垂直方向である放物面、あるいは中心軸が拡散反射板の垂直方向から傾いている放物面であり、該微小部分が面内に配設されている構成である。

【0231】それゆえ、拡散反射光を所望の角度範囲に制限することができる。よって、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散

(18) 34  
反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができるという効果を奏する。

【0232】請求項3の発明の拡散反射板は、以上のように、反射波長に対応する層間隔で相対的に屈折率の高い高屈折率層と、屈折率の低い低屈折率層とが交互に積層された体積ホログラムが形成され、該体積ホログラムの面内の微小部分において、形成されている体積ホログラムの各層の界面の傾斜角が面内の微小部分で異なり、該微小部分が面内に配設されているとともに、該体積ホログラムの前面の光路上に拡散透過板が配設されている構成である。

【0233】それゆえ、拡散反射光を所望の角度範囲に制限可能で、視域内で均一な輝度が得られ、照明光の写り込みがなく、法線方向から見たときにも良好な視認性が得られるように、照明方向が拡散反射板の法線方向と異なる角度にあっても、視域の中央を拡散反射板の法線方向に位置させることができるという効果を奏する。

【0234】請求項4の発明の拡散反射板は、以上のように、請求項1から3の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数種の微小部分を有し、かつ、各種1個ずつの微小部分からなる組ごとに、該微小部分が面内に配設されている構成である。

【0235】それゆえ、請求項1から3の何れかの構成による効果に加えて、1枚の拡散反射板に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができるという効果を奏する。したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させる体積ホログラムを形成することにより、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができるという効果を奏する。

【0236】請求項5の発明の拡散反射板は、以上のように、請求項1から4の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、反射波長の異なる複数の体積ホログラムが積層されている構成である。

【0237】それゆえ、請求項1から4の何れかの構成による効果に加えて、1枚の拡散反射板に、複数の所望する反射波長が選択的にホログラム記録された体積ホログラムを形成することができるという効果を奏する。また、反射帯域が隣接するように反射波長を設定して、体積ホログラムを積層することにより、反射帯域幅を拡ぐすることができるという効果を奏する。

【0238】したがって、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長を拡散反射させる体積ホログラムを形成するとともに、各色で反射帯域が隣接するような反射波長の体積ホログラムを形成して反射帯域幅を拡げることにより、各色の波長帯として適切な反射帯域幅の確保され、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができるという効果を奏する。

【0239】請求項6の発明の拡散反射板は、以上によ

うに、請求項1から5の何れかの構成に加えて、上記体積ホログラムは、その層間隔が拡散反射板の厚さ方向で単調に変化している構成である。

【0240】それゆえ、請求項1から5の何れかの構成による効果に加えて、体積ホログラムの反射帯域幅を拡大することができる。したがって、反射帯域幅を拡げることにより、拡散反射板が適切な反射帯域幅を持つよう調整することができるという効果を奏す。

【0241】請求項7の発明のプロジェクタ用スクリーンは、以上のように、請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、スクリーンとして設けられている構成である。

【0242】それゆえ、投射光の波長に対応した波長帯だけを拡散反射させることにより、良好な明るさと視覚特性とを備え、また、照明時においても良好なコントラストの表示を行うことができるという効果を奏す。

【0243】請求項8の発明の液晶表示素子は、上記の課題を解決するために、請求項1から6の何れかに記載の拡散反射板が、反射型のカラーフィルタとして光路上に設けられている構成である。

【0244】それゆえ、赤色・緑色・青色の3色に対応した波長帯を拡散反射させることにより、カラーフィルタを別に付加する必要がなく、良好な明るさと視覚特性とを備えたカラー表示を行うことができるという効果を奏す。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるA-A線矢視断面図である。

【図2】図1に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる試料の配置を示す説明図である。

【図3】図1に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる2光束干渉光学系の構成の概略を示す説明図である。

【図4】図1に示した拡散反射板の光学特性を説明するものであり、同図(a)は角度特性のグラフ、同図(b)は波長特性のグラフである。

【図5】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)および同図(c)は同図(a)におけるB-B線矢視断面図である。

【図6】図5に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる試料の配置を示す説明図である。

【図7】図5(a)および(b)に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる2光束干渉光学系の構成の概略を示す説明図である。

【図8】図5に示した拡散反射板の光学特性を説明するものであり、同図(a)は角度特性のグラフ、同図(b)は波長特性のグラフである。

【図9】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるC-C線矢視断面図である。

【図10】図9に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる試料の配置を示す説明図である。

【図11】図9に示した拡散反射板の光学特性を説明するものであり、同図(a)は角度特性のグラフ、同図(b)は波長特性のグラフである。

【図12】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるD-D線矢視断面図である。

【図13】図12に示した拡散反射板の作製工程で行うホログラム記録に用いる試料の配置を示す説明図である。

【図14】図12に示した拡散反射板の波長特性のグラフである。

【図15】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるE-E線矢視断面図である。

【図16】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるF-F線矢視断面図である。

【図17】図16に示した拡散反射板の光学特性を説明するものであり、同図(a)から同図(c)は白色光に対する反射光の波長特性のグラフである。

【図18】本発明の他の実施の形態にかかる拡散反射板の構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるG-G線矢視断面図である。

【図19】図18に示した拡散反射板の波長特性のグラフである。

【図20】本発明の他の実施の形態にかかるプロジェクタ用スクリーンの構成の概略を示すものであり、同図(a)は斜視図、同図(b)は同図(a)におけるH-H線矢視断面図である。

【図21】図20に示したプロジェクタ用スクリーンの使用時の配置の概略を示す説明図である。

【図22】本発明の他の実施の形態にかかる液晶表示素子の構成の概略を示す断面図である。

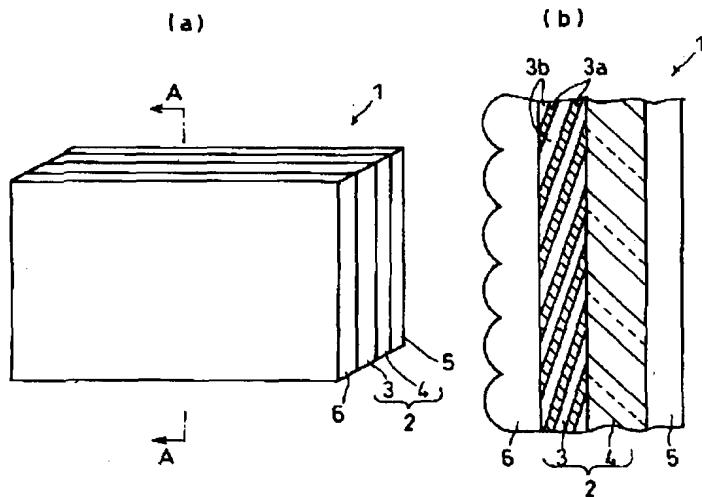
#### 【符号の説明】

- 1 拡散反射板
- 3 ホログラム記録フィルム(体積ホログラム)
- 3 a 高屈折率層
- 3 b 低屈折率層
- 6 マイクロレンズシート(レンズシート、レンチキュラーシート)

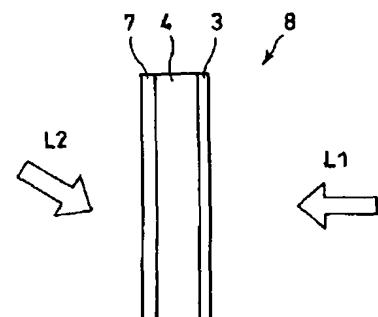
1 1, 1 1' 拡散反射板  
 1 3, 1 3' ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 1 3 a, 1 3 a' 高屈折率層  
 1 3 b, 1 3 b' 低屈折率層  
 2 1 拡散反射板  
 2 3 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 2 3 a 高屈折率層  
 2 3 b 低屈折率層  
 2 5 拡散透過板  
 3 1 拡散反射板  
 3 3 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 3 5 第1微小部分 (微小部分)  
 3 6 第2微小部分 (微小部分)  
 3 7 第3微小部分 (微小部分)  
 3 5 a, 3 6 a, 3 7 a 高屈折率層  
 3 5 b, 3 6 b, 3 7 b 低屈折率層  
 5 1 拡散反射板  
 5 3, 5 4, 5 5 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 5 3 a, 5 4 a, 5 5 a 高屈折率層  
 5 3 b, 5 4 b, 5 5 b 低屈折率層  
 6 1 拡散反射板  
 6 3, 6 4 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 6 5 第1微小部分 (微小部分)  
 6 6 第2微小部分 (微小部分)

38  
 \* 6 7 第3微小部分 (微小部分)  
 6 8 第4微小部分 (微小部分)  
 6 9 第5微小部分 (微小部分)  
 7 0 第6微小部分 (微小部分)  
 6 5 a, 6 6 a, 6 7 a, 6 8 a, 6 9 a, 7 0 a 高屈折率層  
 6 5 b, 6 6 b, 6 7 b, 6 8 b, 6 9 b, 7 0 b 低屈折率層  
 7 1 拡散反射板  
 10 7 3 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 7 5 カラーチューニングフィルム  
 7 3 a 高屈折率層  
 7 3 b 低屈折率層  
 8 1 プロジェクタ用スクリーン  
 8 3, 8 4, 8 5 ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 8 3 a, 8 4 a, 8 5 a 高屈折率層  
 8 3 b, 8 4 b, 8 5 b 低屈折率層  
 9 1 液晶表示素子  
 20 3 1' 拡散反射板  
 3 3' ホログラム記録フィルム (体積ホログラム)  
 3 5' 第1微小部分 (微小部分)  
 3 6' 第2微小部分 (微小部分)  
 3 7' 第3微小部分 (微小部分)  
 3 5' a, 3 6' a, 3 7' a 高屈折率層  
 3 5' b, 3 6' b, 3 7' b 低屈折率層

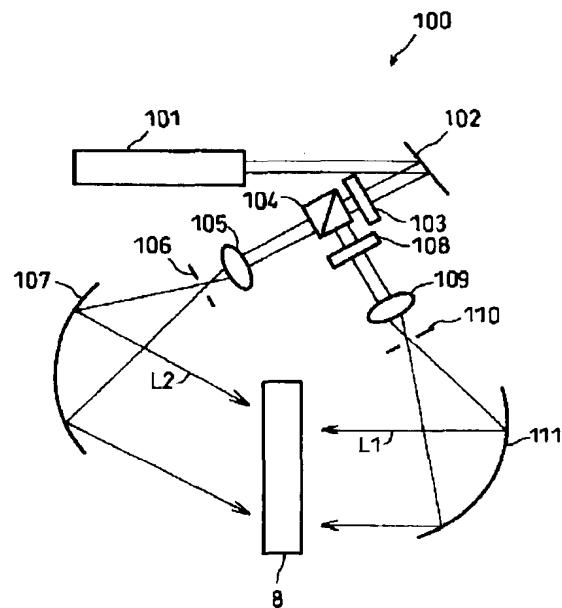
【図1】



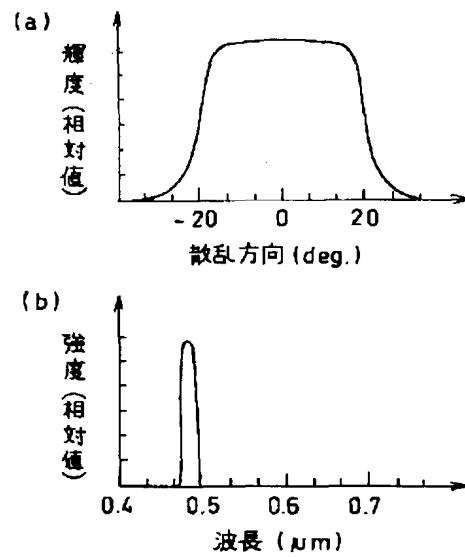
【図2】



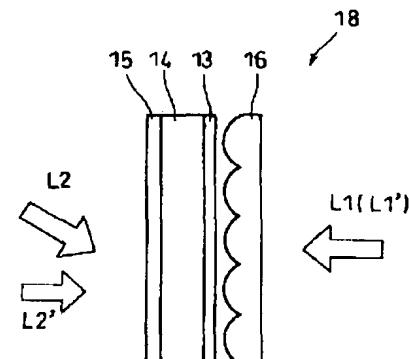
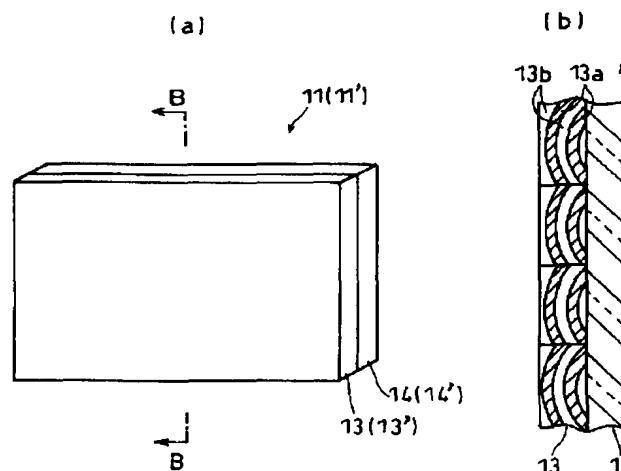
【図3】



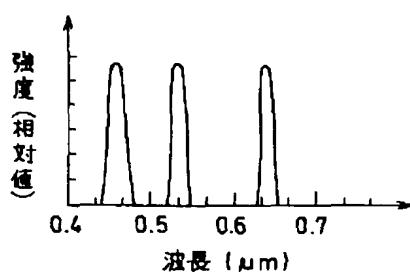
【図4】



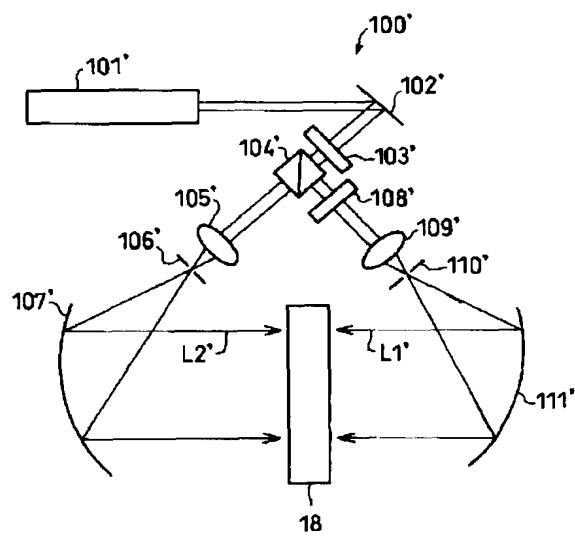
【図5】



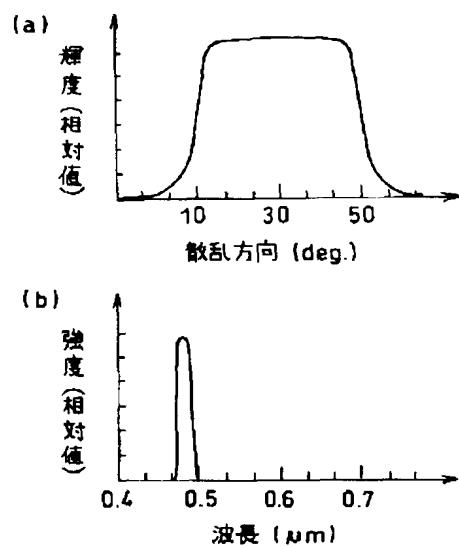
【図14】



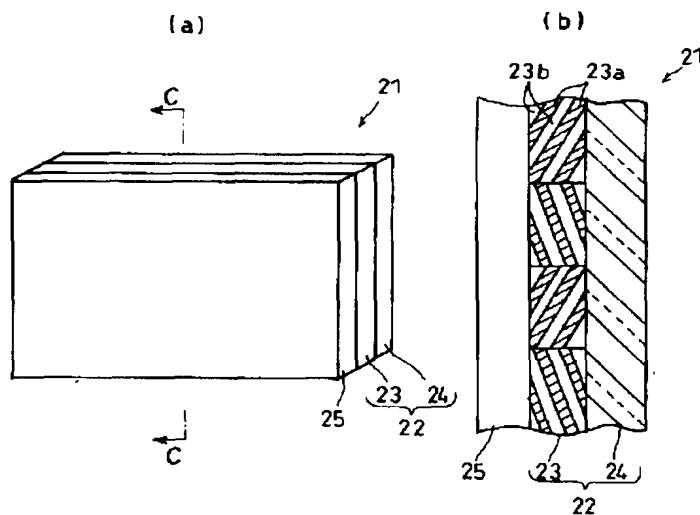
【図7】



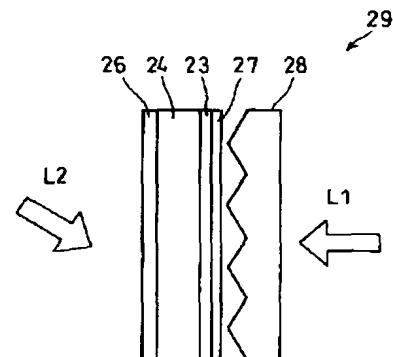
【図8】



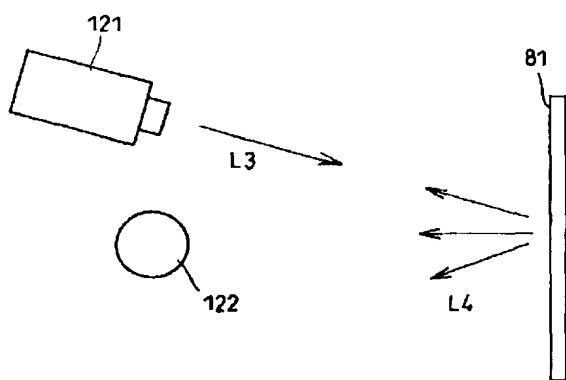
【図9】



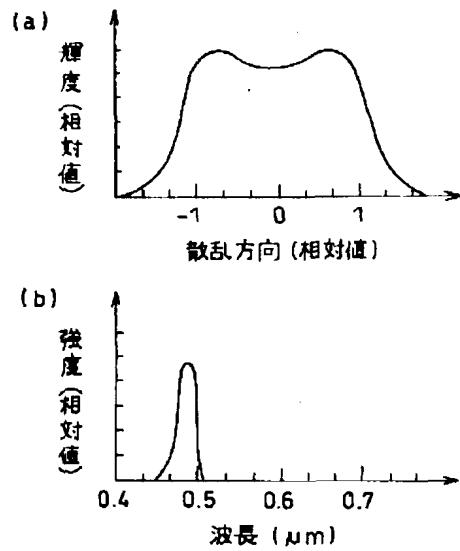
【図10】



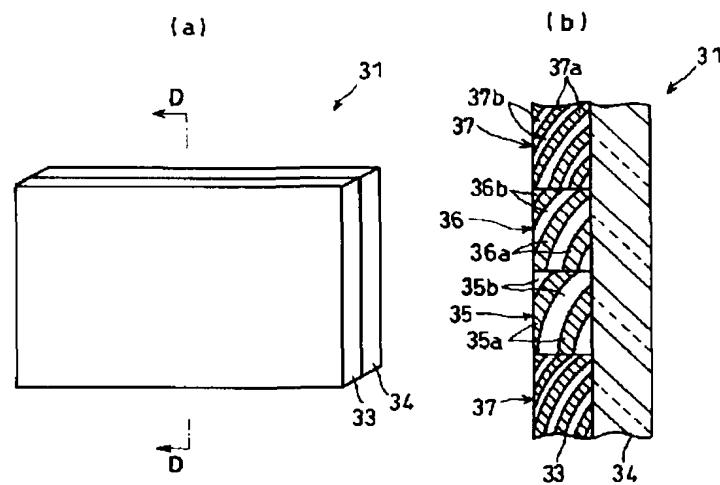
【図21】



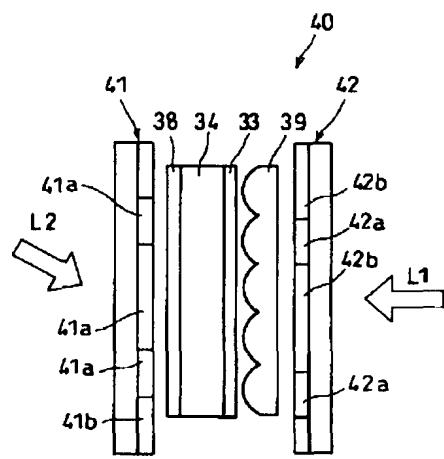
【図1-1】



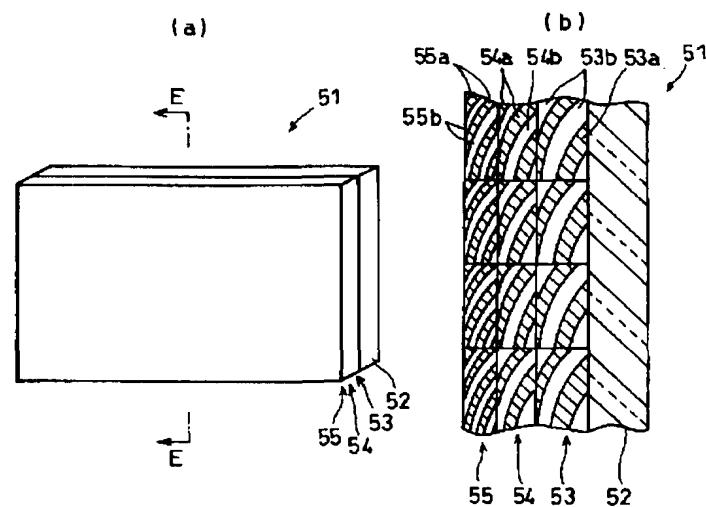
【図1-2】



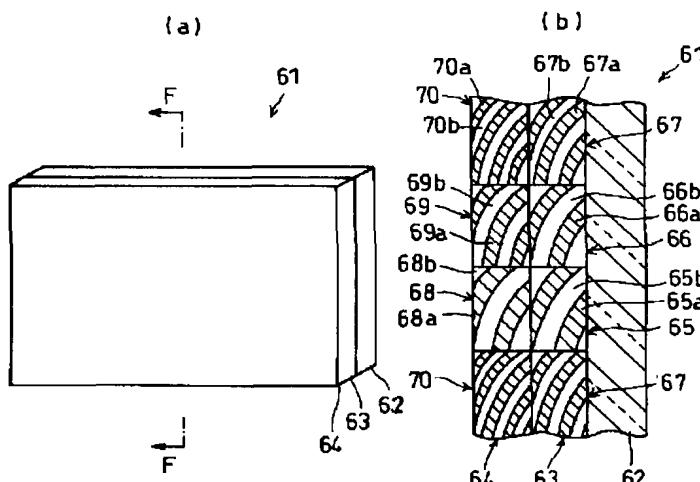
【図1-3】



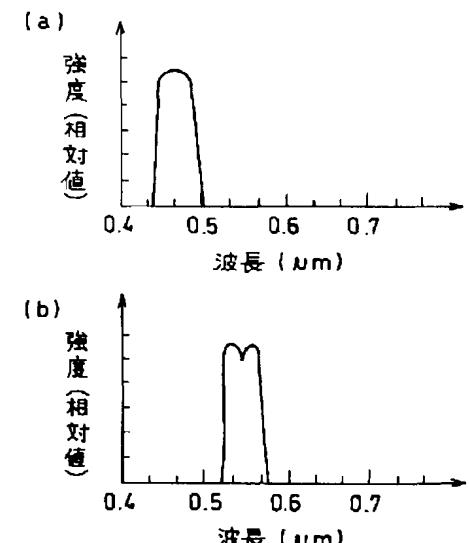
【図1-5】



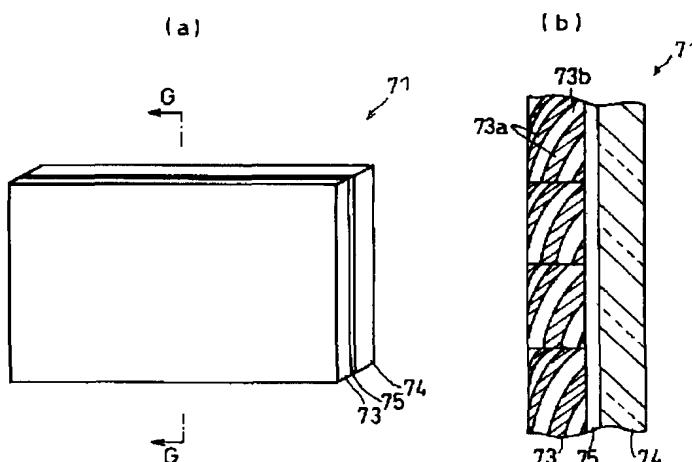
【図16】



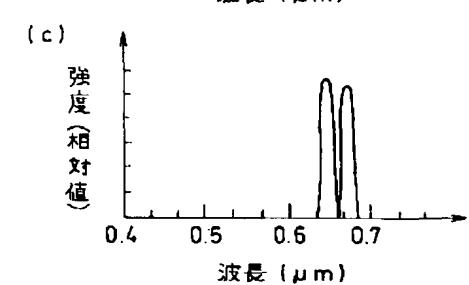
【図17】



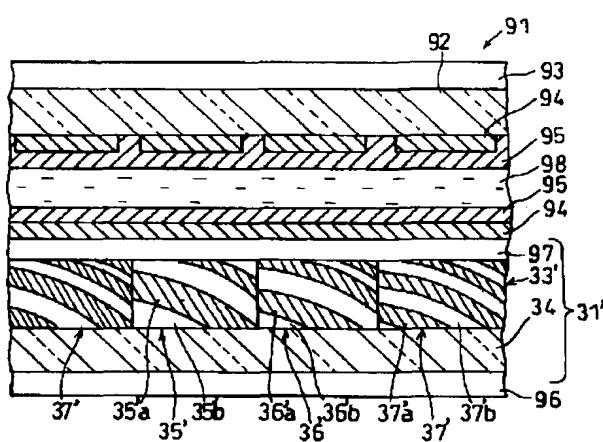
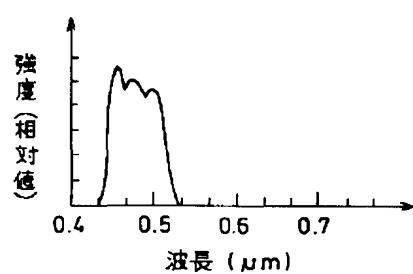
【图 18】



【図22】



〔[四] 1 9 〕



【図20】

